

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 778 295

②① N° d'enregistrement national : 98 05565

⑤① Int Cl⁶ : H 04 L 12/56

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 30.04.98.

③⑩ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.11.99 Bulletin 99/44.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : CANON KABUSHIKI KAISHA — JP.

⑦② Inventeur(s) : TANNHAUSER FALK.

⑦③ Titulaire(s) :

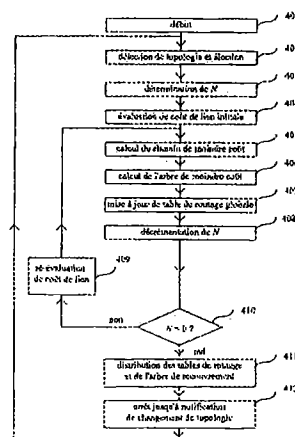
⑦④ Mandataire(s) : RINUÏ SANTARELLI.

⑤④ PROCÉDE ET DISPOSITIF DE COMMUNICATION, DE TRANSMISSION ET/OU DE RECEPTION
D'INFORMATION.

⑤⑦ Ce procédé de gestion de chemins suivis par des In-
formations, entre des noeuds d'un réseau de communica-
tion commuté, comporte une première opération de
détermination d'un premier chemin (404, 405), pour chaque
paire de noeuds. Il comporte, en outre, au moins une
deuxième opération de détermination d'un deuxième che-
min (409, 405), pour chaque paire de noeuds.

Pour chaque groupe d'informations à transmettre entre
deux noeuds d'une paire, sont effectuées :

- . une opération d'estimation d'occupation du premier
chemin correspondant à ladite paire,
- . une opération de sélection de l'un desdits chemins cor-
respondant à cette paire, prenant en compte le résultat de
ladite opération d'estimation, et
- . une opération de transmission du groupe d'informa-
tions sur le chemin sélectionné au cours de l'opération de
sélection.



FR 2 778 295 - A1



5

10 La présente invention concerne un procédé et un dispositif de communication, de transmission et/ou de réception d'information.

Dans les procédés de transmission actuellement connus, on détermine, pour chaque paire de noeuds, et pour chaque chemin, ou route, entre les noeuds de cette paire, une fonction dite "coût" qui est représentative de
15 l'inconvénient qu'il y a à utiliser ledit chemin.

Il est, par ailleurs, souhaitable que la topologie du réseau puisse être choisie librement par l'utilisateur et puisse changer lorsque l'utilisateur ajoute ou retire un ou plusieurs noeuds ou un ou plusieurs liens entre des noeuds, ou encore dans le cas d'une panne survenant sur l'un des noeuds ou sur l'un des
20 liens.

On souhaite aussi que la route à suivre pour faire atteindre à un paquet un noeud destinataire soit déterminée par le noeud source. A cet effet, l'information définissant ce chemin est placée, dans le paquet, dans un en-tête que les commutateurs intermédiaires, sur le chemin, utiliseront pour déterminer le
25 lien suivant sur lequel doit être délivré ce paquet.

Enfin, on peut démontrer que l'efficacité du réseau est améliorée lorsque la charge de transmission est répartie entre les différents segments qui composent le réseau. On souhaite donc équilibrer cette charge sur le réseau.

Le document US-A-4,736,363 présente une méthode de routage orientée chemin pour des réseaux à commutation de paquets qui détermine des chemins les plus courts pour permettre à chaque paquet appartenant à une nouvelle connexion, d'être routé sur un nouveau chemin plus court alors que les connexions déjà existantes sont maintenues en état.

Dans le cas d'un réseau comportant un petit nombre de noeuds, ce procédé peut ne pas donner une distribution de trafic optimale puisqu'aucun noeud n'a une information globale sur l'ensemble du réseau. Pour la même raison, la diffusion de données à tous les noeuds n'est pas optimisée, en fonction du trafic point à point.

On connaît, par le document US-A-5,596,722 (Motorola) un système de routage de paquets. Ce système fonctionne de manière itérative, en déterminant d'abord un chemin entre le premier et le deuxième des noeuds (c'est-à-dire ceux dont les adresses sont les plus faibles) puis le premier et le troisième des noeuds, ... A cet effet :

- . il met à jour la topologie (opération 62),
- . il détermine une ou plusieurs routes les plus courtes (opération 64),
- . il sélectionne arbitrairement une route pour la première paire (opération 65),
- . il calcule une probabilité d'usage pour les liens de la route choisie au cours de l'opération 65 (opération 66),
- . il calcule une entropie normalisée (opération 68),
- . il choisit une route parmi les plus courtes (opération 70),
- . il met à jour les probabilités pour les liens de la route choisie (opération 72).

Ceci présente quatre défauts :

1/ Le choix du chemin ne tient aucun compte de l'occupation effective de chaque lien du réseau, mais seulement d'une probabilité d'utilisation,

2/ la première paire n'est pas traitée de la même manière que la dernière,

5 3/ la probabilité d'usage n'est déterminée que pour un chemin alors que le choix doit s'effectuer entre plusieurs chemins, et

4/ le système ne sélectionne pas toujours de chemin de réserve (lorsque celui-ci est plus long qu'une longueur donnée, il n'est pas sélectionné au cours de l'opération 64).

10 Le document US-A-5,138,615 présente une méthode de routage dans un réseau maillé comportant des commutateurs reliés par des liens bidirectionnels point à point. Ces commutateurs sont capables de reconfigurer automatiquement le réseau en recalculant le jeu de chemins quand de nouveaux liens ou de nouveaux noeuds sont ajoutés, ou qu'une panne survient. Par
15 ailleurs, la diffusion est organisée en suivant un arbre de recouvrement.

Bien que le procédé décrit dans ce document soit aussi distribué, les mêmes arguments que dans la discussion du document US-A-4,736,363 peuvent être avancés. Bien que le problème des impasses ait été résolu par ce document, cela s'est fait avec un coût consistant à exclure un grand nombre de
20 chemins possibles du choix du procédé de routage, ce qui implique un risque de ne pas atteindre une distribution de trafic optimale.

Lorsque des diffusions sont mises en oeuvre, le problème des interférences entre le trafic diffusé et celui des connexions point à point n'est pas résolu.

25 La présente invention entend remédier à ces inconvénients. A cet effet, la présente invention vise, selon un premier aspect, un procédé de gestion de chemins suivis par des informations, entre des noeuds d'un réseau de communication commuté, comportant une première opération de détermination

d'un premier chemin, pour chaque paire de noeuds, prenant en compte des premières règles,

caractérisé en ce qu'il comporte:

5 - au moins une deuxième opération de détermination d'un deuxième chemin pour chaque paire de noeuds, prenant en compte des deuxièmes règles, et,

- pour chaque groupe d'information à transmettre entre deux noeuds d'une paire,

- 10
- une opération d'estimation d'occupation du premier chemin correspondant à ladite paire,
 - une opération de sélection de l'un desdits chemins correspondant à cette paire, prenant en compte le résultat de ladite opération d'estimation, et
 - 15 • une opération de transmission du groupe d'information sur le chemin sélectionné au cours de l'opération de sélection.

Grâce à ces dispositions, la charge du réseau peut être équilibrée, en choisissant, pour chaque paire, parmi les différents chemins correspondants à cette paire, celui qui évite au mieux les segments déjà occupés du réseau.

20 Ainsi, le procédé de l'invention tient compte de l'occupation réelle du réseau et non seulement d'une probabilité d'occupation.

Selon des caractéristiques particulières, au cours de la première opération de détermination de premier chemin :

- 25
- on attribue à chaque lien un coût égal à une valeur prédéterminée, et
 - on détermine le chemin dont le coût total est minimal.

Grâce à ces dispositions, la détermination du premier chemin est particulièrement simple.

Selon des caractéristiques particulières :

- le procédé tel que succinctement exposé ci-dessus comporte une opération d'estimation de taux d'occupation de liens, et

- au cours d'une opération de détermination de chemin :

- 5 . on attribue à chaque lien un coût représentatif d'un taux d'occupation dudit lien, et
- . on détermine le chemin dont le coût total des liens est minimal.

Grâce à ces dispositions l'un, au moins, des chemins est déterminé en prenant en compte l'occupation réelle de chaque lien dudit chemin.

- 10 Selon des caractéristiques particulières, au cours de la deuxième opération de détermination de deuxième chemin :

- on attribue à chaque lien un coût représentatif d'un nombre de premiers chemins qui comportent ledit lien, et

- on détermine le chemin dont le coût total est minimal.

- 15 Grâce à ces dispositions, les deuxièmes chemins, pris dans leur ensemble, évitent autant que possible les premiers chemins.

- Selon des caractéristiques particulières, ladite opération d'estimation de deuxième chemin est effectuée de manière itérative et, après une première opération de détermination de deuxième chemin, au cours d'une
- 20 nouvelle opération d'estimation de deuxième chemin :

- on attribue à chaque lien un coût représentatif d'un nombre de deuxièmes chemins qui comportent ledit lien, deuxième chemins déterminés au cours de la précédente opération de détermination de deuxième chemins, et

- on détermine le chemin dont le coût total est minimal.

- 25 Grâce à ces dispositions, une convergence des deuxièmes chemins peut être exploitée.

Selon des caractéristiques particulières, au cours de la deuxième opération de détermination de deuxième chemin :

- on attribue à chaque lien en dehors du premier chemin un premier coût prédéterminé et à chaque lien du premier chemin, un deuxième coût prédéterminé supérieur au premier coût prédéterminé, et

- on détermine le chemin dont le coût total est minimal.

5 Grâce à ces dispositions, le deuxième chemin est, parmi tous les chemins qui évitent autant que possible le premier chemin, celui qui est le plus court.

Selon des caractéristiques particulières, au cours de l'opération d'estimation d'occupation, on prend au moins en compte les communications
10 effectuées en mode connecté.

Grâce à ces dispositions, la simple lecture d'une table de routage, locale ou globale, permet d'effectuer une partie, au moins, de l'estimation d'occupation.

Selon des caractéristiques particulières, le procédé de l'invention tel
15 qu'il est succinctement exposé ci-dessus, comporte une opération d'estimation d'occupation du deuxième chemin correspondant à ladite paire, et au cours de l'opération de sélection, on prend en compte le résultat de chaque dite opération d'estimation.

Selon un deuxième aspect, la présente invention vise un procédé
20 de gestion de chemins suivis par des informations à diffuser, à partir d'un noeud, à tous les autres noeuds d'un réseau de communication commuté, comportant une première opération de détermination d'un premier arbre de recouvrement, prenant en compte des premières règles,

caractérisé en ce qu'il comporte:

25 - au moins une deuxième opération de détermination d'un deuxième arbre de recouvrement, prenant en compte des deuxième règles, et
- pour chaque groupe d'informations à diffuser à partir d'un noeud,

- une opération d'estimation d'occupation du premier arbre de recouvrement,
- une opération de sélection de l'un desdits arbres de recouvrement, prenant en compte le résultat de ladite opération d'estimation, et

5

- une opération de transmission du groupe d'informations sur l'arbre de recouvrement sélectionné au cours de l'opération de sélection.

Le procédé de gestion conforme au deuxième aspect de l'invention présente des caractéristiques particulières similaires et les mêmes avantages que le procédé de gestion conforme au premier aspect de l'invention. Ces caractéristiques particulières et ses avantages ne sont donc pas rappelés ici.

10

Selon un troisième aspect, l'invention vise un dispositif de gestion de chemins suivis par des informations, entre des noeuds d'un réseau de communication commuté, comportant un premier moyen de détermination d'un premier chemin, pour chaque paire de noeuds, prenant en compte des premières règles,

15

caractérisé en ce qu'il comporte:

20

- au moins un moyen de détermination d'un deuxième chemin pour chaque paire de noeuds, prenant en compte des deuxième règles, et,

- des moyens de traitement adaptés, pour chaque groupe d'informations à transmettre entre deux noeuds d'une paire,

25

- à estimer l'occupation du premier chemin correspondant à ladite paire,

- à sélectionner l'un desdits chemins correspondant à cette paire, prenant en compte le résultat de ladite estimation, et

- un moyen de transmission adapté à transmettre le groupe d'informations sur le chemin ainsi sélectionné.

Selon un quatrième aspect, l'invention vise un dispositif de gestion de chemins suivis par des informations à diffuser, à partir d'un noeud, à tous les autres noeuds d'un réseau de communication commuté, comportant un moyen de détermination d'un premier arbre de recouvrement, prenant en compte des
5 premières règles,

caractérisé en ce qu'il comporte:

- au moins un moyen de détermination d'un deuxième arbre de recouvrement, prenant en compte des deuxième règles, et,
- des moyens de traitements adaptés, pour chaque groupe
10 d'informations à diffuser à partir d'un noeud,
 - à estimer l'occupation du premier arbre de recouvrement,
 - à sélectionner l'un desdits arbres de recouvrement, en prenant en compte le résultat de ladite estimation, et
- un moyen de transmission adapté à transmettre le groupe
15 d'informations sur l'arbre de recouvrement sélectionné par les moyens de traitement.

L'invention vise aussi une caméra, un télécopieur, un appareil photographique, un ordinateur, un scanner, une imprimante, un lecteur audio/vidéo et un téléviseur caractérisés en ce qu'ils comportent un dispositif tel
20 que succinctement exposé ci-dessus.

L'invention vise aussi :

- un moyen de stockage d'informations lisible par un ordinateur ou un microprocesseur, conservant des instructions d'un programme informatique caractérisé en ce qu'il permet la mise en oeuvre du procédé de l'invention tel que
25 succinctement exposé ci-dessus, et
- un moyen de stockage d'informations amovible, partiellement ou totalement, lisible par un ordinateur ou un microprocesseur, conservant des

instructions d'un programme informatique caractérisé en ce qu'il permet la mise en oeuvre du procédé de l'invention tel que succinctement exposé ci-dessus,

Les caractéristiques particulières et les avantages des dispositifs des troisième et quatrième aspects de l'invention, de cette caméra, de ce
5 télécopieur, de cet appareil photographique, de cet ordinateur, de cette imprimante, de ce scanner, de ce lecteur audio/vidéo, de ce téléviseur et de ces moyens de stockage d'informations étant identiques à ceux du procédé visé par le premier aspect de l'invention, ils ne sont pas rappelés ici.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui
10 va suivre, faite en regard des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un dispositif de communication selon la présente invention,

- la figure 2 représente un schéma fonctionnel du logiciel mis en oeuvre par le dispositif illustré en figure 1,

15 - les figures 3A, 3B et 3C représentent différents états successifs d'un réseau comportant des dispositifs de communication tels qu'illustrés en figure 1,

- la figure 4 représente un organigramme de détermination de chemins et de tables de recouvrements mis en oeuvre par le dispositif de
20 communication illustré en figure 1, et

- les figures 5A, 5B et 5C représentent, chacune, un organigramme de communication mis en oeuvre par le dispositif de communication illustré en figure 1.

Le mode de réalisation décrit et représenté, concerne un réseau
25 local composé de plusieurs noeuds interconnectés par des liens bidirectionnels rapides. Chaque noeud incorpore un commutateur non bloquant possédant une matrice de commutation à réception et émission simultanées (en anglais "cut-through crossbar") et possède un certain nombre de ports externes auxquels peuvent être raccordés des liens. Dans un tel réseau, la route ou le chemin suivi

par un paquet est une succession de liens, chacun des liens étant défini par les deux noeuds qu'il rejoint.

La communication sur un tel réseau est dite "commutée". Un exemple d'un tel réseau est donné par un système utilisant des composants
5 selon la norme IEEE 1355.

En figure 1, on observe un schéma bloc d'un module ou dispositif de communication 100 selon la présente invention comportant un composant commutateur/routeur 109 couplé à une unité centrale 106.

Le composant commutateur/routeur 109, constitué dans l'exemple
10 décrit et représenté, d'un composant de la marque SGS-THOMSON (marque déposée), référencé ST C104, comporte au moins six ports physiques, dont le port physique 115, et quatre ports physiques 126, 127 et 128 et le port de contrôle 112. Les ports physiques 126, 127 et 128 peuvent respectivement être reliés, par l'intermédiaire d'adaptateurs ou émetteurs/récepteurs 129, 130 et
15 131, à des connecteurs 122, 123 et 124.

On observe ici que le composant commutateur/routeur susmentionné 109 ST C104 possède, en fait, trente-deux ports physiques en plus des deux ports de contrôle (dont le port de contrôle 112), seuls les ports physiques utilisés étant représentés en figure 3. Les composants d'interface
20 113 et 116 sont, chacun, basés, dans le mode de réalisation décrit et représenté, sur un composant référencé ST C101 et fabriqué sous la marque SGS-THOMSON.

Le composant commutateur/routeur 109 et les composants d'interface 113 et 116 effectuent un codage conforme à la norme IEEE 1355.

25 Le composant commutateur/routeur 109 est à architecture de type non bloquante, c'est-à-dire que la somme des capacités de communication des ports en entrée est inférieure ou égale à la capacité de la matrice de commutation dudit commutateur.

Les émetteurs/récepteurs 129 à 131, plus connus sous leur
30 dénomination technique de langue anglaise « transceiver », convertissent des

signaux TTL en signaux différentiels. Les émetteurs/récepteurs 129 à 131 sont, dans le mode de réalisation décrit et représenté, des composants de la marque AT&T (marque déposée) référencés 1141 MK.

Les connecteurs 122 à 124 sont destinés à être reliés à des émetteurs/récepteurs de modules de communication identiques aux émetteurs/récepteurs 129 à 131.

On observe cependant que les liens point à point 122 à 124 peuvent aussi être reliés directement à des moyens de traitement, terminaux ou périphériques.

Les composants d'interface 113 et 116 sont reliés, par une liaison 117, à une interface PCI/PCI 108, reliée, par ailleurs à un circuit électronique 10 qui comporte une unité centrale 106 et des mémoires vives 104 et mortes 105, et un des ports d'entrée/sortie 103, reliés à un bus 102.

L'architecture et les composants de la carte électronique 10 sont bien connus de l'homme du métier des systèmes informatiques et ils ne sont pas plus détaillés ici.

Pour une meilleure compréhension de la constitution du mode de réalisation décrit et représenté, le lecteur est invité à consulter les notes d'utilisation des composants, notes fournies par leurs constructeurs.

L'unité centrale de traitement CPU 106 est composée d'un microcontrôleur de la marque déposée INTEL et de référence PENTIUM (marque déposée) avec 32 Mo de mémoire vive dynamique DRAM à titre de mémoire de travail, 256 Ko de mémoire statique cache et des mémoires flash contenant le BIOS et les logiciels de contrôle (qui opèrent avec le système d'exploitation temps-réel CHORUS (marque déposée)) qui sont décrits en figure 2.

On observe ici que le mot "registre" utilisé ci-dessous désigne, dans chacune des mémoires, aussi bien une zone mémoire de faible capacité (ne conservant que quelques données binaires), qu'une zone mémoire de grande capacité (permettant de stocker un programme entier).

La mémoire vive 104 conserve des données, des variables et des résultats intermédiaires de traitement, dans des registres de mémoire portant, dans la suite de la description, les mêmes noms que les données dont ils conservent les valeurs. La mémoire vive 104 comporte notamment :

- 5 - un registre "*user_data*" dans lequel sont conservées les informations utilisateur à transmettre, informations qui comportent, notamment, les informations provenant d'une entrée 111 reliée au port d'entrée/sortie 103,
- un registre "*add_data*" dans lequel sont conservées des informations additionnelles à transmettre, informations qui définissent, 10 notamment, dans son intégralité, le chemin à suivre par les données utilisateur sur le réseau de communication,
- un registre "*TRL*" dans lequel est conservée une table de routage locale comportant des informations décrivant tous les chemins dont le noeud considéré est la source et toutes les tables de routage ; ces informations 15 de routage décrivant une succession de noeuds du réseau de communication que les données utilisateurs peuvent suivre pour atteindre un dispositif de réception d'information tel qu'illustré en figures 5A, 5B et 5C,
- une ou plusieurs informations représentatives d'une bonne réception d'information par un noeud destinataire d'information, dans un 20 registre "*acquit_data*",
- un registre "*fifo*" qui fonctionne en "premier entré, premier sorti",
- un registre "*N*" qui conserve un nombre entier, correspondant lors de son initialisation, au nombre de chemins à définir entre deux noeuds , ou d'arbres de recouvrement, et
- 25 - un registre "*I*" qui conserve un nombre entier correspondant à un numéro de chemins ou d'arbres en cours de traitement.

La mémoire morte 105 est adaptée à conserver :

- le programme de fonctionnement de l'unité centrale de traitement 106, dans un registre "*program1*", et

- un identificateur représentatif du dispositif de communication 10, identificateur qui est unique sur le réseau de communication.

La mémoire morte 105 constitue un moyen de stockage d'informations lisibles par un ordinateur ou un microprocesseur, conservant des instructions d'un programme informatique caractérisé en ce qu'il permet la mise en oeuvre du procédé de l'invention. Selon une variante, la mémoire morte 105 est amovible, partiellement ou totalement, et comporte, par exemple, une bande magnétique, une mémoire flash, une disquette ou un compact disque à mémoire figée ("CD-ROM" en anglais).

10 L'unité centrale de traitement 106 est adaptée à mettre en oeuvre les organigrammes décrits en figures 4, 5A, 5B et 5C et le logiciel dont une description fonctionnelle est donnée en regard de la figure 2.

D'autres composants dédiés (une interface de bus PCI utilisant un composant AMCC S5933 permettant la communication entre le système hôte (ex 15 WINDOWS NT (marque déposée)), la carte de communication CPU et les composants DS-Link.

En figure 2, on observe l'architecture du logiciel de contrôle du dispositif illustré en figure 1, sous forme de fonctions (ou moyens) mises en oeuvre par le logiciel de l'unité centrale 106. Ces fonctions sont, d'une part, 20 liées à des applications logicielles 215, de type connu, comme des applications de capture, de traitement ou de restitution d'images ou de sons, et, d'autre part, liées à un réseau DS-Link 216, par l'intermédiaire du dispositif de communication 213.

Pour une meilleure compréhension de cette architecture, 25 certaines fonctions logicielles peuvent être assemblées dans un module de routage 200 qui sert à déterminer, pour chaque paquet de données à transmettre, le chemin à suivre sur le réseau 216. Ces fonctions sont :

- le calcul d'une table de routage globale, fonction référencée 207,

- la diffusion de la table de routage globale, fonction référencée 208, utilisée par le noeud maître (voir ci-après la description de la fonction 202) pour distribuer l'information de routage à chaque noeud du réseau,

5 209,

- la réception d'une table de routage locale, fonction référencée 210,

et

- le calcul d'en-tête des paquets, fonction référencée 212.

En combinaison avec les fonctions du module de routage 200,
10 d'autres fonctions sont nécessaires :

- la fonction de détection de voisins immédiats, fonction référencée 201, qui, pour chacun des ports externes du noeud, déterminent si ce port est connecté ou non à un autre noeud et, dans l'affirmative, détermine l'identificateur de cet autre noeud. A cet effet, les moyens de détection de voisins 201,
15 examinent des registres de statut appropriés des composants STC 104 et détectent ceux des ports externes DS-Link qui sont connectés à d'autres noeuds de réseau,

- la fonction d'élection d'un noeud dit "maître", celui-ci étant, dans le mode de réalisation décrit et représenté, le noeud dont l'identificateur est le plus élevé, parmi les noeuds connectés au réseau, et d'acquisition de topologie du réseau, fonction référencée 202,
20

- la fonction de diffusion de paquets, fonction référencée 211,
- la fonction de réception de paquets, fonction référencée 205,
- la fonction d'analyse de paquets, fonction référencée 206,
25 - la fonction d'émission de paquets, fonction référencée 204,
- la fonction d'assemblage de paquets, fonction référencée 203,
- la fonction de signalisation 217, et
- les autres modules de réseau, référencés 214.

Les fonctions de calcul 207 sont utilisées dans le noeud "maître" (voir ci-après la fonction d'élection de noeud maître et d'acquisition de topologie 202) pour déterminer, à partir de l'information de topologie une route optimale (si possible, plus d'une pour chaque paire de noeuds) et un arbre de recouvrement (en anglais "spanning tree") optimal pour la diffusion.

On observe que, dans les réseaux de très petite dimension (connus sous le nom anglais de "Desk Area Network"), il est plus facile d'utiliser cette voie centralisée que d'utiliser des algorithmes distribués, parce que la connaissance de la topologie du réseau est complète. Des algorithmes pour déterminer des routes et des arbres de recouvrement à coût minimal sont bien connus et, par exemple, décrits dans le livre de M. Kurt Mehlhorn : *"Data structures and algorithms 2 - Graph Algorithms and NP-Completeness"*, publié par Springer-Verlag, ISBN 3-540-13641-X, ISBN 0-387-13641-X.

Ces fonctions de calcul incorporent des fonctions pour évaluer le coût de chaque lien (par direction). Dans une simple variante, le coût d'un lien est défini comme le nombre de chemins qui le traversent. Dans une autre variante, l'information concernant la charge du lien courant est prise en compte pour évaluer le coût du lien dans le but d'effectuer les calculs mentionnés ci-dessus. Dans tous les cas, le but est de préférer les liens les moins chargés pour établir des nouvelles connexions et pour effectuer des diffusions. Ces moyens de calcul étant incorporés dans chaque noeud, permettent de changer le noeud maître dans le cas d'une panne ou d'un changement de topologie et donc, de maintenir continuellement le fonctionnement du réseau, quoiqu'il arrive.

Les fonctions de calcul d'en-tête de paquet utilisent l'information de routage pour déterminer l'en-tête de routage de chaque paquet.

Les fonctions de diffusion 211 spécifient les paquets de diffusion (en anglais "broadcast") par des en-tête spécifiques. Les fonctions de réception de paquet 205 et les fonctions d'analyse de paquet 206 détectent et mémorisent ces paquets de diffusion dans le registre "fifo" de la mémoire vive 104, et ensuite, outre la transmission à l'application ou à d'autres modules de réseau, les

fonctions de transmission de paquet 204 le retransmettent successivement sur tous les liens appartenant à l'arbre de recouvrement, auquel est relié le noeud considéré, à l'exception du lien sur lequel il a reçu le paquet.

Les moyens d'élection de maître et d'acquisition de topologie 202
5 échangent des messages de contrôle sur les ports DS-Link connectés (en utilisant les moyens d'assemblage de paquets 103 et les moyens d'envoi de paquets 104 pour l'envoi et les moyens de réception de paquets 105 et d'analyse de paquets 106, pour la réception) pour découvrir progressivement l'intégralité de la topologie du réseau, c'est-à-dire tous les autres noeuds du réseau identifiés,
10 chacun, par un identificateur unique. Chaque lien dans le réseau est identifié par les identificateurs des deux noeuds qu'il joint, noeuds appelés "source" et "cible" du lien, et leurs numéros de ports respectifs auxquels le lien est attaché.

En ce qui concerne l'acquisition de topologie, le lecteur pourra se référer au livre de Dimitri Bertsekas et Robert Gallager "*Data Networks*" 2nd
15 edition, Prentice Hall International, Inc. ISBN 0-13-201674-5 et en particulier aux pages 418 à 433.

Les moyens d'assemblage de paquets 203, de manipulation d'en-tête 212, d'envoi de paquets 204 et de réception de paquets 205 coopèrent avec les moyens mentionnés ci-dessus de communication 213, de signalisation 217,
20 de calcul d'en-tête de paquet 212 et de diffusion de paquets 211, pour envoyer des paquets avec les en-têtes appropriés.

En particulier, c'est le moyen de signalisation 217 qui choisit, parmi différents chemins de la table de routage locale, celui qui sera suivi par le paquet à émettre, selon les règles énoncées infra (figure 4).

25 On observe ici que le noeud maître est connu de tous les autres noeuds et collecte l'information de la topologie complète du réseau. En variantes, différentes procédures peuvent être utilisées pour déterminer le noeud maître : la plus simple est de fixer un maître et la topologie de manière statique, mais ceci ne permet pas de bénéficier de la liberté topologique sans une intervention
30 humaine. D'autres procédures, distribuées et bien connues, possèdent une

tolérance de faute qui assure le fonctionnement correct du réseau même si le noeud maître ou si l'un des liens qui le relie fait défaut.

Si le noeud considéré se détecte lui-même comme le maître, les moyens de calcul de la table de routage globale 207 utilisent l'information de topologie (sous la forme d'un graphe reçu des moyens d'acquisition de topologie 202) pour calculer la table de routage globale qui consiste en, pour chaque paire (n_1, n_2) de noeuds avec n_1 différent de n_2 , un ensemble non vide de chemins qui peuvent être utilisés pour envoyer des paquets depuis le noeud n_1 à destination du noeud n_2 . Un chemin du noeud n_1 au noeud n_2 est un ensemble de liens $(l_1, l_2, l_3, \dots, l_k)$ avec la source du lien l_1 qui est le noeud n_1 , pour chaque valeur de i entre 1 et $k - 1$, la cible du lien l_i est la source du lien l_{i+1} , et la cible du lien l_k qui est le noeud n_2 , de telle manière qu'aucun noeud n'apparaisse deux fois sur le chemin.

La table de routage globale comporte aussi, pour chacun des noeuds du réseau, un "arbre de recouvrement" qui est un sous-ensemble minimal de l'ensemble de liens du réseau qui a la propriété que chaque noeud du réseau peut être atteint depuis chaque autre noeud en utilisant seulement des liens de l'arbre de recouvrement. Il faut noter qu'un tel sous-ensemble est un sous-ensemble maximal qui soit un arbre (c'est-à-dire qui ne comporte aucun cycle) et qui comporte exactement un nombre de liens égal au nombre de noeuds moins un.

Lorsque les moyens de calcul de table de routage globale 207 déterminent ces chemins et ces arbres, un but est que cette table de routage globale permette d'obtenir une distribution de trafic égal sur le réseau et d'éviter des liens surchargés. A cet effet, ces moyens évaluent la charge sur chaque lien (par direction) qui représente le "coût" de son utilisation, coût utilisé pour la mise en oeuvre d'algorithmes décrits dans la référence mentionnée ci-dessus.

Au moment de l'initialisation, lorsque la table de routage globale est calculée pour la première fois par les moyens 207, on donne comme valeur ou coût de chaque lien la valeur "1", et, pour chaque paire de noeud, on détermine

le chemin du plus faible coût, qui est alors le chemin le plus court, en terme de nombre de liens constituant le chemin.

Ensuite, lorsque l'on calcule des chemins secondaires, ou lorsque l'on a à recalculer les chemins valides à la suite d'un changement de topologie, on peut définir le nouveau coût d'un lien comme le nombre de chemins primaires auquel il appartient déjà. On note que le chemin secondaire n'est pas nécessairement différent du premier chemin puisqu'un chemin différent n'existe pas toujours ou peut être trop coûteux.

Selon une variante, les moyens de calcul de la table de routage globale 207 utilisent de l'information concernant les charges des liens, charges générées par des connexions ayant réservé de la largeur de bande, depuis les moyens de signalisation qui font partie des "autres modules de réseau" 214, pour évaluer le coût du lien. Ainsi, moins de liens chargés seront choisis lorsque l'on recalcule les chemins valides.

Lorsque l'on calcule l'arbre de recouvrement, on préfère utiliser des liens qui sont aussi peu chargés que possible, pour minimiser les interférences entre le trafic diffusé le long de l'arbre de recouvrement et le trafic point à point qui suit les chemins mentionnés ci-dessus. Cela signifie que l'on a aussi à évaluer les coûts des liens pour la mise en oeuvre d'algorithmes de calcul d'arbres de recouvrement à coût minimal, algorithmes décrits dans la référence citée ci-dessus.

Ces coûts peuvent être évalués d'une manière analogue à celle exposée ci-dessus. Cependant, dans la mesure où les arbres de recouvrement sont des graphes non orientés, on définit le coût d'un lien non orienté comme le plus grand des coûts des deux directions.

Une fois que la fonction de calcul de la table de routage 207 est effectuée, les fonctions de diffusion de la table de routage 208 divisent cette table globale en tables de routage locales destinées, chacune, à l'un des noeuds du réseau. Les moyens de réception de table de routage locale 209 de chaque

noeud sont destinataires de la table de routage qui concerne le noeud considéré, en provenance des moyens de diffusion 208 du noeud maître.

- Pour chaque noeud n , la table de routage locale comporte tous les chemins de la table de routage globale qui possède le noeud n comme source.
- 5 Les moyens de diffusion de la table de routage globale 208 indiquent, en outre, à chaque noeud, tous les liens adjacents au noeud n et appartenant à l'arbre de recouvrement, à l'exception de celui par lequel le paquet est arrivé.

- On observe que les moyens de diffusion 208 peuvent utiliser le nouvel arbre de recouvrement calculé par les moyens de calcul de la table de routage globale 207, pour joindre tous les autres noeuds depuis le noeud maître,
- 10 la seule condition pour cela étant que le noeud maître fournisse sur ces chemins le calcul d'en-tête de paquet décrit ci-dessous (figure 4).

- Si un noeud détecte un autre noeud comme maître, il attend de recevoir la table de routage globale par ses moyens de réception de paquet 205
- 15 et d'analyse de paquet 206, construit sa propre table de routage locale, à partir des données reçues et la mémorise dans les moyens de gestion de table de routage locale 210.

- Dans chaque noeud, les moyens de gestion de table de routage locale 210 conservent une copie mise à jour de la table de routage locale pour
- 20 les moyens de calcul d'en-tête de paquet 212, les moyens de diffusion 211 et les autres modules de réseau 214 (par exemple les moyens de signalisation qui veulent fournir une ressource d'allocation sur les chemins).

- Les moyens de calcul d'en-tête de paquet 212 déterminent pour chaque chemin devant être suivi par un paquet pour atteindre un noeud, l'en-tête
- 25 de routage correspondant. Dans le mode de réalisation décrit et représenté, c'est-à-dire dans le cas du réseau STC 104, l'en-tête est une séquence d'octets dont le n -ième représente le numéro du port de sortie du n -ième STC 104 à traverser. Le port de sortie du dernier STC 104 doit être celui qui est connecté au composant de données STC 101 pour que le paquet puisse être mémorisé et
- 30 traité par l'unité centrale de traitement du noeud de destination. Pour plus de

détails sur le routage dans des réseaux STC 104, le lecteur pourra se référer aux documentations du fabricant concernant ce composant.

L'en-tête du paquet est disponible pour le moyen d'assemblage de paquet 203 de telle manière que si les autres modules de réseau 214 ont à
5 envoyer des données à un noeud, le moyen de signalisation 217 ayant choisi un chemin à cet effet, l'en-tête approprié sera placé à l'avant de chaque paquet avant que ce paquet ne soit transféré au moyen d'envoi de paquets 204.

Le moyen de diffusion de paquet 211 reçoit des paquets de diffusion du moyen d'analyse de paquet 206 (dans ce cas, le lien depuis lequel
10 ces paquets ont été reçus est connu et indiqué dans " l'en-tête ") ou des autres modules de réseau 214 ayant à effectuer des diffusions. Ces paquets de diffusion sont transmis sur chaque lien adjacent à un noeud donné et appartenant à l'arbre de recouvrement (pour qu'ils soient traités par les moyens d'analyse de paquets 206 des noeuds directement voisins du noeud considéré et
15 désignés comme destinataires dans l'arbre de recouvrement).

Selon une variante, il n'y a pas de maître désigné mais chaque noeud du réseau effectue l'ensemble du traitement présenté ci-dessous, seule la diffusion de la table de routage globale et la réception de la table de routage locale ne s'appliquant pas puisque la seconde peut être extraite localement de la
20 première. Tous les noeuds calculent les mêmes tables de routage globales, tant qu'ils détectent la même topologie.

Les fonctions d'assemblage de paquet 203 constituent chaque paquet avec au moins un en-tête qui décrit, notamment, l'intégralité du chemin que la paquet va suivre pour atteindre le noeud destinataire (sachant que, selon
25 la norme IEEE 1355, chaque noeud rencontré sur ce chemin, retire la partie de l'en-tête qui décrit le premier lien qui va être suivi par le reste du paquet), et, éventuellement des données dites "utilisateur". On observe ici que le découpage d'un message en différents paquets de données utilisateur est effectué par les autres modules de réseau 214, à réception du message de la part de l'application
30 215.

Maintenant, nous allons décrire très brièvement, sur un exemple simplifié, comment le routage fonctionne pendant les modifications de topologies. Les figures 3A, 3B et 3C montrent une évolution possible d'un mini réseau par ajout de nouveaux liens et d'un nouveau noeud. Dans un but de simplicité, considérons que les registres d'intervalle de routage (en anglais "routing interval registers") STC 104 ont été programmés de telle manière qu'un paquet, entrant dans le composant sur n'importe quel lien et comportant comme valeur du premier octet d'en-tête de routage, la valeur n (avec n entre 0 et 31, inclus), est dirigé vers la lien de sortie n après le retrait de cet octet de l'en-tête ayant la valeur n .

En figure 3A, un réseau très simple de quatre noeuds et trois liens bidirectionnels est représenté. Puisqu'il n'y a pas de boucle, il y a exactement un chemin entre les noeuds de chaque paire de noeud. Par exemple, le chemin du noeud 1 au noeud 3 consiste en la séquence de liens $\langle n1p18 - n2p18 \rangle$, $\langle n2p20 - n4p19 \rangle$ et $\langle n4p20 - n3p21 \rangle$ (où $\langle n2p20 - n4p19 \rangle$ représente le lien entre le port 20 du noeud 2 et le port 19 du noeud 4) et la séquence d'octets correspondant dans un en-tête est "18, 20, 20, 29" (en considérant que 29 est le numéro du port STC 104 du port connecté en interne au composant STC 101, permettant au paquet d'être routé jusqu'à l'unité central de traitement du noeud 3). Un paquet se déplaçant en direction inverse, depuis le noeud 3 jusqu'au noeud 1 aurait à comporter l'en-tête de routage "21, 19, 18, 29".

Le chemin depuis le noeud 1 jusqu'au noeud 4 consiste en les liens $\langle n1p18 - n2p18 \rangle$, et $\langle n2p20 - n4p19 \rangle$, et l'en-tête de routage est "18, 20, 29". Le chemin depuis le noeud 1 jusqu'au noeud 2 consiste seulement en le lien $\langle n1p18 - n2p18 \rangle$, et l'en-tête de routage est "18, 29". Plus généralement, on peut dire que le chemin primaire entre deux noeuds directement connectés sera toujours constitué de ce lien direct seulement.

L'arbre de recouvrement dans le cas de la figure 3A comporte les trois liens.

En figure 3B, un nouveau lien a été ajouté entre le port 20 du noeud 1 et le port 18 du noeud 4. Dès que ces noeuds sont avertis de la survenance de ce nouveau lien, un processus de reconfiguration est entamé et le noeud maître, dans notre exemple le noeud 4, acquiert la nouvelle topologie et recalcule la table de routage. Le lien nouvellement inséré permet de réduire le coût, c'est-à-dire ici le nombre de liens de certains des chemins. Par exemple, le chemin depuis le noeud 1 jusqu'au noeud 3 consiste maintenant en la séquence de liens <n1p20 - n4p18> et <n4p20 - n3p21> et la séquence d'octets correspondant à l'en-tête de routage est "20, 20, 29". Les échanges de paquets directs entre le noeud 1 et le noeud 4 vont utiliser le chemin comportant uniquement le lien nouvellement inséré (soit l'en-tête "20, 29" pour la direction du noeud 1 vers le noeud 4 et l'en-tête "18, 29" pour la direction du noeud 4 vers le noeud 1). Cependant, les chemins précédemment utilisés entre ces noeuds peuvent encore être employés comme chemins de réserve si le chemin nouvellement inséré devenait surchargé. Après calcul des chemins primaires, on a les nombres suivants de chemins traversant chacun des liens et on calcule un arbre de recouvrement minimal basé sur les coûts correspondants :

<u>Lien</u>	<u>Nombre</u> <u>de chemins</u>	<u>Lien inverse</u>	<u>Nombre</u> <u>de chemins</u>	<u>coût</u>	<u>dans l'arbre ?</u>
<n1p18-n2p18>	1	<n2p18-n1p18>	1	1	oui
<n4p18-n1p20>	2	<n1p20-n4p18>	2	2	oui
<n4p20-n3p21>	3	<n3p21-n4p20>	3	3	oui
<n2p20-n4p19>	2	<n4p19-n2p20>	2	2	non

25

En figure 3C, un nouveau noeud, le noeud 5, a été ajouté au réseau. Il a été connecté au noeud 1 et au noeud 3 par deux nouveaux liens. On observe que comme le noeud maître est maintenant le noeud 5, le procédé de détermination de toutes les routes et de distribution de ces routes à tous les noeuds n'est en aucune manière affectée. Les routes depuis et vers le noeud 5

30

sont ajoutées à la table de routage. En outre, les paquets depuis le noeud 1 jusqu'au noeud 3 peuvent maintenant être routés par l'intermédiaire des liens <n1p21-n5p18> et <n5p21-n3p19>, la séquence d'octets d'en-tête étant "21, 21, 29". L'ancien chemin peut encore être utilisé comme chemin de réserve. Les

5 nombres de chemin traversant chaque lien et l'arbre de recouvrement minimal peuvent ainsi être :

	<u>Lien</u>	<u>Nombre</u> <u>de chemins</u>	<u>Lien inverse</u>	<u>Nombre</u> <u>de chemins</u>	<u>coût</u>	<u>dans l'arbre ?</u>
10	<n5p21-n3p19>	2	<n3p19-n5p21>	1	2	oui
	<n1p18-n2p18>	2	<n2p18-n1p18>	2	2	oui
	<n4p19-n2p20>	2	<n2p20-n4p19>	2	2	oui
	<n3p21-n4p20>	3	<n4p20-n3p21>	2	3	oui
	<n1p20-n4p18>	2	<n4p18-n1p20>	3	3	non
15	<n1p21-n5p18>	4	<n5p18-n1p21>	3	4	non

En figure 4, on observe qu'après une opération d'initialisation 401, au cours d'une opération 402, chaque noeud effectue une opération de détection de topologie et d'élection du noeud maître selon des modes de fonctionnement

20 connus de l'homme du métier.

Au cours d'une opération 403, l'unité centrale 106 du noeud maître effectue une détermination du nombre *N* de chemins qui seront recherchés pour relier chaque paire de noeuds. Dans le mode de réalisation décrit et représenté, la valeur de *N* est initialisée à la valeur 4, ce qui correspond à quatre

25 déterminations de chemins.

Au cours d'une opération 404, l'unité centrale 106 du noeud maître effectue une évaluation initiale du coût d'utilisation de chaque lien. Dans le mode de réalisation décrit et représenté, ce coût initial est une constante, par exemple égale à 1.

Au cours d'une opération 405, l'unité centrale du noeud maître détermine, pour chaque paire de noeuds, le chemin de moindre coût.

Au cours d'une opération 406, l'unité centrale 106 du noeud maître détermine l'arbre de recouvrement de moindre coût, selon des techniques
5 connues.

Au cours d'une opération 407, l'unité centrale du noeud maître effectue une mise à jour de la table de routage globale en y insérant, pour chaque paire de noeud, le chemin calculé au cours de l'opération 404.

Au cours d'une opération 408, la valeur du nombre N conservée
10 dans le registre N est décrémentée de 1.

Ensuite, au cours d'un test 410, l'unité centrale 106 du noeud maître détermine si la valeur du nombre N est égale à 0 ou non. Lorsque le résultat du test 410 est négatif, une opération 409 est effectuée. Lorsque le résultat du test 410 est positif, une opération 411 est effectuée.

15 Au cours de l'opération 409, l'unité centrale 106 du noeud maître effectue une nouvelle évaluation du coût de chaque lien. Dans le mode de réalisation décrit et représenté, le coût de chaque lien est égal :

- à la première itération de l'opération 409 ($N=3$), à un nombre prédéterminé supérieur au nombre de liens lorsque ce noeud est dans le chemin
20 de moindre coût déterminé au cours de l'opération 405 et égal à 1, dans le cas contraire,

- à la deuxième itération de l'opération 409 ($N=2$), au nombre de chemins déterminés pour $N=4$ et $N=3$, qui traversent le lien considéré,

- à la troisième itération de l'opération 409 ($N=1$), au nombre de
25 chemins déterminés pour $N=2$, qui traversent le lien considéré.

Ensuite, l'opération 405 est réitérée.

Lorsque le résultat du test 410 est positif, au cours d'une opération 411, les tables de routage locales sont envoyées aux noeuds concernés ainsi que les arbres de recouvrement qui le concernent.

On rappelle ici que la table de routage locale est une partie de la
5 table de routage globale qui reprend tous les chemins ayant une source donnée. Chaque descripteur de chemin comporte des pointeurs sur des descripteurs de liens qui composent ce chemin. De la même manière, chaque descripteur de lien comporte un pointeur pour chaque chemin auquel il participe.

Au cours d'une opération 412, l'unité centrale 106 attend un
10 changement de topologie avant de réitérer l'opération 402.

On comprend qu'ainsi, pour chaque paire de noeuds considérée :

- autant de chemins que la valeur initiale de N ont été introduits dans la table de routage globale, et
- les deux premiers chemins introduits dans la table de routage sont
15 différents, lorsqu'il existe au moins deux chemins différents qui relient les noeuds de la paire considérée.

En outre, un nombre N d'arbres de recouvrement ont été déterminés.

En variante, un critère de stabilisation des chemins résultants des
20 itérations successives de l'opération 405 est utilisé en complément du test 410 et le test sur la valeur nulle de N ne sert que dans le cas où la stabilisation n'est pas atteinte en un certain nombre d'itérations.

Les figures 5A, 5B et 5C représentent respectivement des modes de fonctionnements du dispositif illustré en figure 1, respectivement pour
25 l'émission d'un message en mode connecté, pour la diffusion d'un message et pour l'émission d'un message en mode non connecté.

En figure 5A, on observe, après une opération d'initialisation 501 et de fonctionnement du dispositif illustré en figure 1, fonctionnement qui ne nécessite aucune émission de message en mode connecté, une opération 502

au cours de laquelle une application ou un protocole émet une requête d'émission d'un message en mode connecté, en identifiant le noeud destinataire.

Ensuite, au cours d'une opération 503, l'unité centrale 106 du noeud source (c'est-à-dire l'unité centrale qui a reçu la requête d'émission au cours de l'opération 502) effectue une estimation de l'occupation de chaque lien faisant partie de l'un des quatre chemins qui mène du noeud source au noeud destinataire. A cet effet, l'unité centrale 106 lit la partie de la table de routage locale qui concerne ledit noeud destinataire. Ainsi, dans le mode de réalisation décrit et représenté, pour effectuer l'estimation de l'occupation de chaque lien, l'unité centrale ne tient compte que des transmissions en mode connecté, par le biais des réservations de bande passante correspondant à chaque connexion. Au cours de cette même opération 503, l'unité centrale 106 initialise la valeur de la variable i à 1.

Ensuite, au cours d'un test 504, l'unité centrale 106 détermine si la bande passante nécessaire à la communication est disponible sur chaque lien du i -ième chemin, ou non.

Lorsque le résultat du test 504 est négatif, au cours d'un test 505, l'unité centrale 106 détermine si la valeur du nombre i est égale à 4, ou non.

Lorsque le résultat du test 505 est négatif, au cours d'une opération 506, la valeur i est incrémentée de 1 et le test 504 est réitéré.

Lorsque le résultat du test 505 est positif, au cours d'une opération 512, l'application ou le protocole qui a émis la requête d'émission est informé de l'échec de la tentative d'émission du message. Puis l'opération 501 est réitérée.

Lorsque le résultat du test 504 est positif, au cours d'une opération 507, l'unité centrale 106 effectue une ouverture de connexion sur le i -ième chemin. Puis, au cours d'une opération 508, l'unité centrale 106 effectue la mise à jour de la table de routage conservée dans le noeud source et transmet les informations concernant la connexion ouverte aux autres noeuds, par le biais d'une diffusion sur la dernière table de recouvrement sélectionnée (voir figure

5B). Chacun des autres noeuds effectue alors la mise à jour de sa propre table de routage locale et le noeud maître effectue la mise à jour de la table de routage globale.

5 Ensuite, au cours d'une opération 509, le noeud source effectue l'émission du message sur le i -ième chemin, sur la connexion mise en place au cours de l'opération 507.

Puis, au cours d'une opération 510, l'unité centrale 106 effectue la fermeture de la connexion, selon des techniques connues qui ne sont pas rappelées ici.

10 Enfin, au cours d'une opération 511, l'unité centrale 106 effectue la mise à jour de la table de routage conservée dans le noeud source et transmet les informations concernant la connexion fermée aux autres noeuds, par le biais d'une diffusion sur la dernière table de recouvrement sélectionnée (voir figure 5B). Chacun des autres noeuds effectue alors la mise à jour de sa propre table
15 de routage locale et le noeud maître effectue la mise à jour de la table de routage globale.

L'opération 501 est alors réitérée.

Pour la diffusion d'un message, à la suite de l'opération 501, une application ou un protocole transmet une requête de diffusion au cours d'une
20 opération 512 (figure 5B). Au cours d'une opération 513, l'unité centrale 106 qui a reçu cette requête, requête qui définit le noeud source, estime l'occupation de chaque lien de chacun des N arbres de recouvrement déterminés conformément au fonctionnement illustré en figure 4. A cet effet, l'unité centrale 106 lit les taux
25 d'occupation dans la table de routage locale conservée par la mémoire vive 104 du noeud auquel elle appartient. Au cours de cette même opération 513, l'unité centrale 106 initialise la valeur de i à 1 et le numéro de l'arbre sélectionné à 1.

Puis, au cours d'une opération 506, la valeur de la variable i est incrémentée de 1.

Ensuite, au cours d'un test 514, l'unité centrale 106 détermine si la valeur de i est 4, ou non. Lorsque le résultat du test 514 est négatif, au cours d'un test 515, l'unité centrale 106 détermine si l'arbre de recouvrement sélectionné possède un lien qui est plus occupé que tous les liens du i -ième
5 arbre de recouvrement, ou non. Ce test 515 détermine ainsi si le i -ième arbre de recouvrement est plus disponible que l'arbre de recouvrement sélectionné.

Lorsque c'est le cas, le résultat du test 515 est positif et, au cours d'une opération 516, le i -ième arbre de recouvrement est sélectionné, puis l'opération 506 est réitérée. Lorsque le résultat du test 515 est négatif, l'opération
10 506 est réitérée. Lorsque le résultat du test 514 est positif, un test 517 détermine si le lien le plus occupé de l'arbre de recouvrement sélectionné est suffisamment disponible pour la diffusion du message, ou non. Lorsque le résultat du test 517 est négatif, au cours d'une opération 520, l'application ou le protocole qui avait émis la requête de diffusion est informé de l'échec de la diffusion et l'opération
15 501 est réitérée.

Lorsque le résultat du test 517 est positif, au cours d'une opération 518, l'unité centrale 106 effectue la diffusion en mode non connecté du message, sur l'arbre de recouvrement sélectionné.

Pour l'émission d'un message en mode non connecté, à la suite de
20 l'opération 501, une application ou un protocole transmet une requête d'émission en mode non connecté, au cours d'une opération 522 (figure 5B). Au cours d'une opération 523, l'unité centrale 106 qui a reçu cette requête, requête qui définit le noeud source, estime l'occupation de chaque lien de chacun des N chemins déterminés conformément au fonctionnement illustré en figure 4. A cet effet,
25 l'unité centrale 106 lit les taux d'occupation dans la table de routage locale conservée par la mémoire vive 104 du noeud auquel elle appartient. Au cours de cette même opération 523, l'unité centrale 106 initialise la valeur de i à 1 et le numéro du chemin sélectionné à 1.

Puis, au cours d'une opération 506, la valeur de la variable i est
30 incrémentée de 1.

Ensuite, au cours d'un test 514, l'unité centrale 106 détermine si la valeur de i est 4, ou non. Lorsque le résultat du test 514 est négatif, au cours d'un test 525, l'unité centrale 106 détermine si le chemin sélectionné possède un lien qui est plus occupé que tous les liens du i -ième chemin, ou non. Ce test 525
5 détermine ainsi si le i -ième chemin est plus disponible que le chemin sélectionné.

Lorsque c'est le cas, le résultat du test 525 est positif et, au cours d'une opération 526, le i -ième chemin est sélectionné, puis l'opération 506 est réitérée. Lorsque le résultat du test 525 est négatif, l'opération 506 est réitérée.
10 Lorsque le résultat du test 514 est positif, un test 527 détermine si le lien le plus occupé du chemin sélectionné est suffisamment disponible pour l'émission du message, ou non. Lorsque le résultat du test 527 est négatif, au cours d'une opération 530, l'application ou le protocole qui avait émis la requête d'émission est informé de l'échec de la diffusion et l'opération 501 est réitérée.

15 Lorsque le résultat du test 527 est positif, au cours d'une opération 528, l'unité centrale 106 effectue l'émission du message en mode non connecté, sur le chemin sélectionné.

Dans le mode de réalisation décrit et représenté en figures 5A, 5B et 5C, l'émission en mode connecté est effectuée sur le premier chemin qui
20 présente une disponibilité suffisante (figure 5A) alors que la diffusion et l'émission en mode non connecté sont effectuées sur le chemin le plus disponible (figures 5B et 5C). Bien entendu, ces critères de sélection peuvent être inversés ou combinés de manière différente.

Selon une variante non représentée, pour effectuer l'estimation de
25 l'occupation de chaque lien, l'unité centrale ne tient compte que des transmissions en mode non connecté, par le biais de modifications de tables de routage locales au cours de chaque transmission en mode non connecté.

Selon une autre variante non représentée, pour effectuer l'estimation de l'occupation de chaque lien, l'unité centrale tient compte d'une

part des transmissions effectuées en mode connecté, et, d'autre part, des transmissions en mode non connecté.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de gestion de chemins suivis par des informations, entre des noeuds d'un réseau de communication commuté, comportant une première opération de détermination d'un premier chemin (404, 405), pour chaque paire de noeuds (100), prenant en compte des premières règles,
- 5 caractérisé en ce qu'il comporte:
- au moins une deuxième opération de détermination d'un deuxième chemin (409, 405), pour chaque paire de noeuds, prenant en compte des deuxièmes règles, et,
 - 10 - pour chaque groupe d'informations à transmettre entre deux noeuds d'une paire,
 - une opération d'estimation d'occupation (503, 513, 523) du premier chemin correspondant à ladite paire,
 - une opération de sélection (504, 514) de l'un desdits chemins
 - 15 correspondant à cette paire, prenant en compte le résultat de ladite opération d'estimation, et
 - une opération de transmission (507 à 511, 518, 528) du groupe d'informations sur le chemin sélectionné au cours de l'opération de sélection.
- 20 2. Procédé de gestion selon la revendication 1, caractérisé en ce que, au cours de la première opération de détermination de premier chemin (404, 405) :
- on attribue, à chaque lien, un coût égal à une valeur prédéterminée, et
 - 25 - on détermine le chemin dont le coût total est minimal.
3. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que :

- il comporte une opération d'estimation de taux d'occupation de liens (409), et

- au cours d'une opération de détermination de chemin (409, 405) :

- 5 . on attribue, à chaque lien, un coût représentatif d'un taux d'occupation dudit lien (409), et
- . on détermine le chemin dont le coût total des liens est minimal (405).

4. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, au cours de la deuxième opération de détermination de deuxième chemin (409, 405) :

10 - on attribue, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre de premiers chemins qui comportent ledit lien, et

 - on détermine le chemin dont le coût total est minimal.

5 5. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite opération de détermination de deuxième chemin (409, 405) est effectuée de manière itérative et en ce qu'après une première opération de détermination de deuxième chemin, au cours d'une nouvelle opération de détermination de deuxième chemin :

20 - on attribue, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre de deuxièmes chemins qui comportent ledit lien, deuxièmes chemins déterminés au cours de la précédente opération de détermination de deuxièmes chemins, et

 - on détermine le chemin dont le coût total est minimal.

25 6. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que, au cours de la deuxième opération de détermination de deuxième chemin (409, 405) :

 - on attribue, à chaque lien, en dehors du premier chemin, un premier coût prédéterminé et à chaque lien du premier chemin un deuxième coût prédéterminé supérieur au premier coût prédéterminé, et

- on détermine le chemin dont le coût total est minimal.

7. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, au cours de l'opération d'estimation d'occupation de liens (503, 513, 523), on prend au moins en compte les communications effectuées en mode connecté.

8. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, au cours de l'opération d'estimation d'occupation de liens (503, 513, 523), on prend au moins en compte les communications effectuées en mode non connecté.

9. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte une opération d'estimation d'occupation du deuxième chemin (503, 513, 523) correspondant à ladite paire, et en ce que au cours de l'opération de sélection, on prend en compte le résultat de chaque dite opération d'estimation.

10. Procédé de gestion de chemins suivis par des informations à diffuser, à partir d'un noeud (100), à tous les autres noeuds d'un réseau de communication commuté, comportant une première opération de détermination d'un premier arbre de recouvrement (404, 406), prenant en compte des premières règles,

caractérisé en ce qu'il comporte:

- au moins une deuxième opération de détermination d'un deuxième arbre de recouvrement (409, 406), prenant en compte des deuxièmes règles, et,

- pour chaque groupe d'informations à diffuser à partir d'un noeud,

• une opération d'estimation d'occupation du premier arbre de recouvrement (503, 513, 523),
• une opération de sélection (504, 514) de l'un desdits arbres de recouvrement, prenant en compte le résultat de ladite opération d'estimation, et

- une opération de transmission (508 à 511, 518, 528) du groupe d'informations sur l'arbre de recouvrement sélectionné au cours de l'opération de sélection.

5 11. Procédé de gestion selon la revendication 10, caractérisé en ce que, au cours de la première opération de détermination de premier arbre :

- on attribue, à chaque lien, un coût égal à une valeur prédéterminée, et

- on détermine l'arbre dont le coût total est minimal.

10 12. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que :

- il comporte une opération d'estimation de taux d'occupation de liens (509), et

- au cours d'une opération de détermination d'arbre :

15 . on attribue, à chaque lien, un coût représentatif d'un taux d'occupation dudit lien, et

. on détermine l'arbre dont le coût total des liens est minimal.

13. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que, au cours de la deuxième opération de détermination de deuxième arbre :

20 - on attribue, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre d'arbres de recouvrement qui comportent ledit lien, et

- on détermine l'arbre dont le coût total est minimal.

25 14. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que, au cours de la deuxième opération de détermination de deuxième arbre :

- on attribue, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre de chemins qui comportent ledit lien, et

- on détermine l'arbre dont le coût total est minimal.

15. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que, au cours de la deuxième opération de détermination de deuxième arbre :

- on attribue, à chaque lien, en dehors du premier arbre, un premier coût prédéterminé et à chaque lien du premier arbre un deuxième coût prédéterminé supérieur au premier coût prédéterminé, et
- on détermine l'arbre dont le coût total est minimal.

16. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que au cours de l'opération d'estimation d'occupation, on prend au moins en compte les communications effectuées en mode connecté.

17. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, caractérisé en ce que au cours de l'opération d'estimation d'occupation, on prend au moins en compte les communications effectuées en mode non connecté.

18. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, caractérisé en ce qu'il comporte une opération d'estimation d'occupation du deuxième arbre, et en ce que au cours de l'opération de sélection, on prend en compte le résultat de chaque dite opération d'estimation.

19. Dispositif de gestion de chemins suivis par des informations, entre des noeuds (100) d'un réseau de communication commuté, comportant un premier moyen de détermination d'un premier chemin (104 à 106), pour chaque paire de noeuds, prenant en compte des premières règles,

caractérisé en ce qu'il comporte:

- au moins un moyen de détermination d'un deuxième chemin (104 à 106), pour chaque paire de noeuds, prenant en compte des deuxième règles, et,
- des moyens de traitement (104 à 106) adaptés, pour chaque groupe d'informations à transmettre entre deux noeuds d'une paire,

- à estimer l'occupation du premier chemin correspondant à ladite paire,
 - à sélectionner l'un desdits chemins correspondant à cette paire, prenant en compte le résultat de ladite estimation, et
- 5 - un moyen de transmission (109) adapté à transmettre le groupe d'informations sur le chemin ainsi sélectionné.

20. Dispositif de gestion selon la revendication 19, caractérisé en ce que le moyen de détermination de premier chemin est adapté :

- 10 - à attribuer, à chaque lien, un coût égal à une valeur prédéterminée, et
- à déterminer le chemin dont le coût total est minimal.

21. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 ou 20, caractérisé en ce que :

- 15 - les moyens de traitement sont adaptés à estimer le taux d'occupation de liens, et
- le moyen de détermination de chemin est adapté :
- . à attribuer, à chaque lien, un coût représentatif d'un taux d'occupation dudit lien, et
 - . à déterminer le chemin dont le coût total des liens est
- 20 minimal.

22. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, caractérisé en ce que, le moyen de détermination de deuxième chemin est adapté :

- 25 - à attribuer, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre de premiers chemins qui comportent ledit lien, et
- à déterminer le chemin dont le coût total est minimal.

23. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, caractérisé en ce que le moyen de détermination de deuxième chemin

est adapté à fonctionner de manière itérative et, après une première détermination de deuxième chemin, à une nouvelle itération de la détermination de deuxième chemin :

- à attribuer, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre de
5 deuxièmes chemins qui comportent ledit lien, deuxièmes chemins déterminés au cours de la précédente opération de détermination de deuxièmes chemins; et
- à déterminer le chemin dont le coût total est minimal.

24. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications
19 à 23, caractérisé en ce que le moyen de détermination de deuxième chemin
10 est adapté :

- à attribuer, à chaque lien, en dehors du premier chemin un premier coût prédéterminé et à chaque lien du premier chemin un deuxième coût prédéterminé supérieur au premier coût prédéterminé, et
- à déterminer le chemin dont le coût total est minimal.

15 25. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 24, caractérisé en ce que les moyens de traitement sont adaptés, pour estimer l'occupation de liens, à prendre au moins en compte les communications effectuées en mode connecté.

20 26. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 24, caractérisé en ce que les moyens de traitement sont adaptés, pour estimer l'occupation de liens, à prendre au moins en compte les communications effectuées en mode non connecté.

25 27. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 26, caractérisé en ce que les moyens de traitement sont adaptés à estimer l'occupation du deuxième chemin correspondant à ladite paire, et, pour sélectionner le chemin à faire suivre au groupe d'informations, à prendre en compte le résultat de chaque dite estimation.

28. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 27, caractérisé en ce qu'il est incorporé dans un noeud dit "maître" du

réseau, et en ce que ledit moyen de transmission dudit noeud maître est adapté à transmettre, à chaque autre noeud du réseau, pour chaque paire de noeuds dont le premier membre est ledit noeud, ledit premier chemin et au moins un deuxième chemin.

- 5 29. Dispositif de gestion de chemins suivis par des informations à diffuser, à partir d'un noeud (100), à tous les autres noeuds d'un réseau de communication commuté, comportant un moyen de détermination d'un premier arbre de recouvrement (104 à 106), prenant en compte des premières règles, caractérisé en ce qu'il comporte:
- 10 - au moins un moyen de détermination d'un deuxième arbre de recouvrement (104 à 106), prenant en compte des deuxièmees règles, et,
- des moyens de traitements (104 à 106) adaptés, pour chaque groupe d'informations à diffuser à partir d'un noeud,
- à estimer l'occupation du premier arbre de recouvrement,
- 15 • à sélectionner l'un desdits arbres de recouvrement, en prenant en compte le résultat de ladite estimation, et
- un moyen de transmission (109) adapté à transmettre le groupe d'informations sur l'arbre de recouvrement sélectionné par les moyens de traitement.
- 20 30. Dispositif de gestion selon la revendication 29, caractérisé en ce que le moyen de détermination de premier arbre est adapté :
- à attribuer, à chaque lien, un coût égal à une valeur prédéterminée, et
- à déterminer l'arbre dont le coût total est minimal.
- 25 31. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 ou 30, caractérisé en ce que :
- il comporte un moyen d'estimation de taux d'occupation de liens,
- et

- le moyen de détermination d'arbre est adapté à :

. attribuer, à chaque lien, un coût représentatif d'un taux d'occupation dudit lien, et

. déterminer l'arbre dont le coût total des liens est minimal.

5 32. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 à 31, caractérisé en ce que le moyen de détermination de deuxième arbre est adapté à :

- attribuer, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre d'arbres de recouvrement qui comportent ledit lien, et

10 - déterminer l'arbre dont le coût total est minimal.

33. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 à 31, caractérisé en ce que le moyen de détermination de deuxième arbre est adapté à :

15 - attribuer, à chaque lien, un coût représentatif d'un nombre de chemins qui comportent ledit lien, et

- déterminer l'arbre dont le coût total est minimal.

34. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 à 33, caractérisé en ce que le moyen de détermination de deuxième arbre est adapté à :

20 - attribuer, à chaque lien, en dehors du premier arbre, un premier coût prédéterminé et à chaque lien du premier arbre un deuxième coût prédéterminé supérieur au premier coût prédéterminé, et

- déterminer l'arbre dont le coût total est minimal.

25 35. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 à 34, caractérisé en ce que les moyens de traitement sont adaptés, pour estimer l'occupation de liens, à prendre au moins en compte les communications effectuées en mode connecté.

36. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 à 34, caractérisé en ce que les moyens de traitement sont adaptés, pour estimer l'occupation de liens, à prendre au moins en compte les communications effectuées en mode non connecté.

5 37. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 à 36, caractérisé en ce que les moyens de traitement sont adaptés à estimer l'occupation du deuxième arbre, et, pour sélectionner l'arbre à faire suivre au groupe d'informations, à prendre en compte le résultat de chaque dite opération d'estimation.

10 38. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 29 à 36, caractérisé en ce qu'il est incorporé dans un noeud du réseau, et en ce que ledit noeud est adapté à transmettre le premier arbre et au moins un deuxième arbre à chaque autre noeud dudit réseau.

15 39. Caméra, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

40. Télécopieur, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

41. Appareil photographique, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

20 42. Ordinateur, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

43. Téléviseur, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

25 44. Imprimante, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

45. Scanner, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

46. Lecteur audio/vidéo, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 19 à 38.

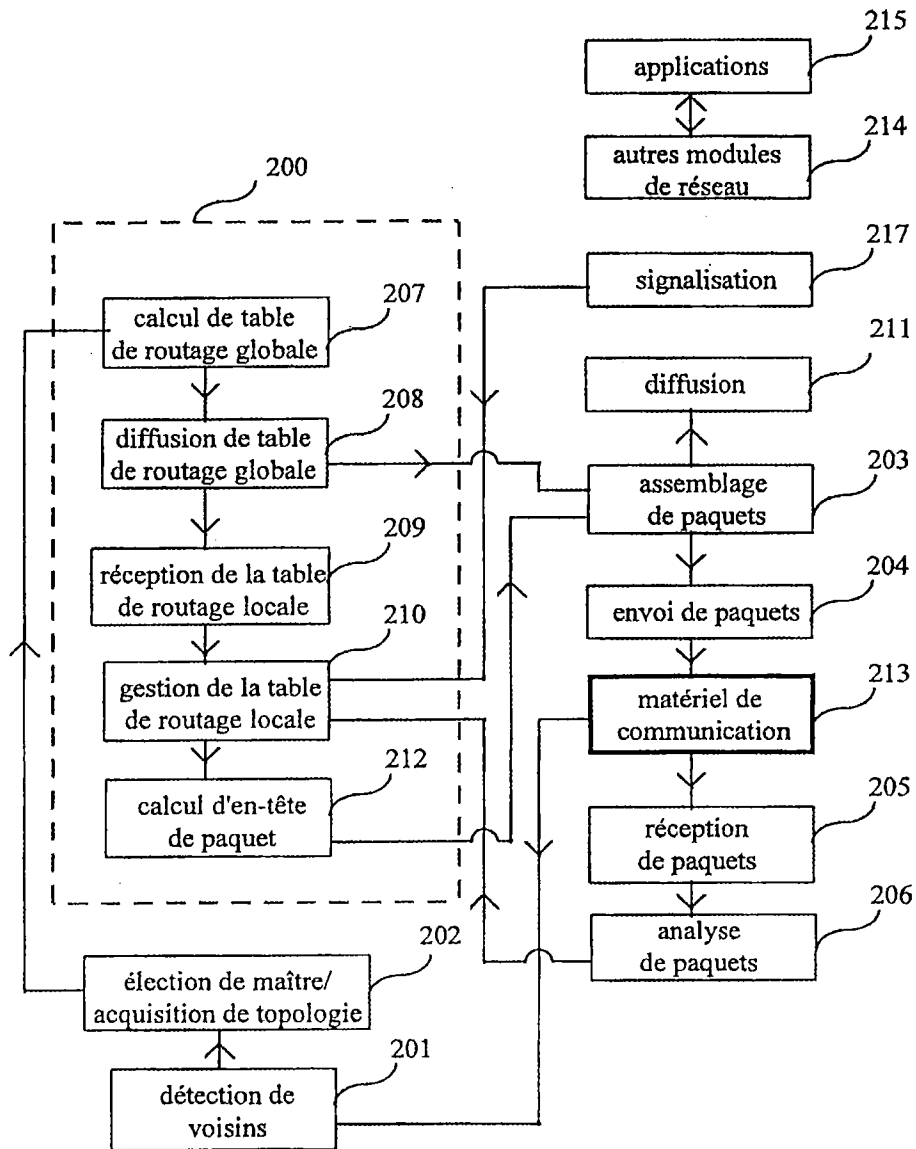
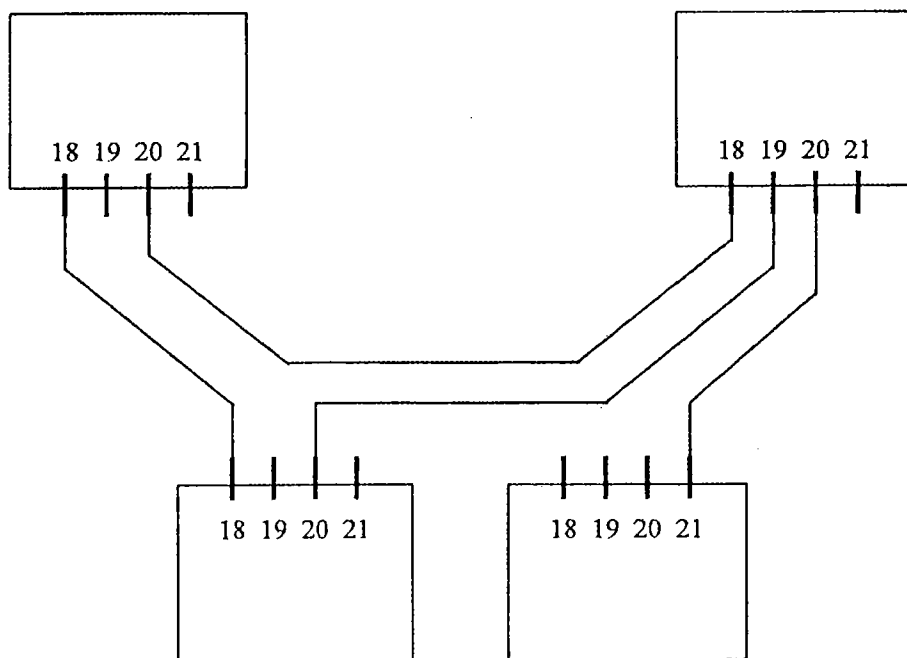
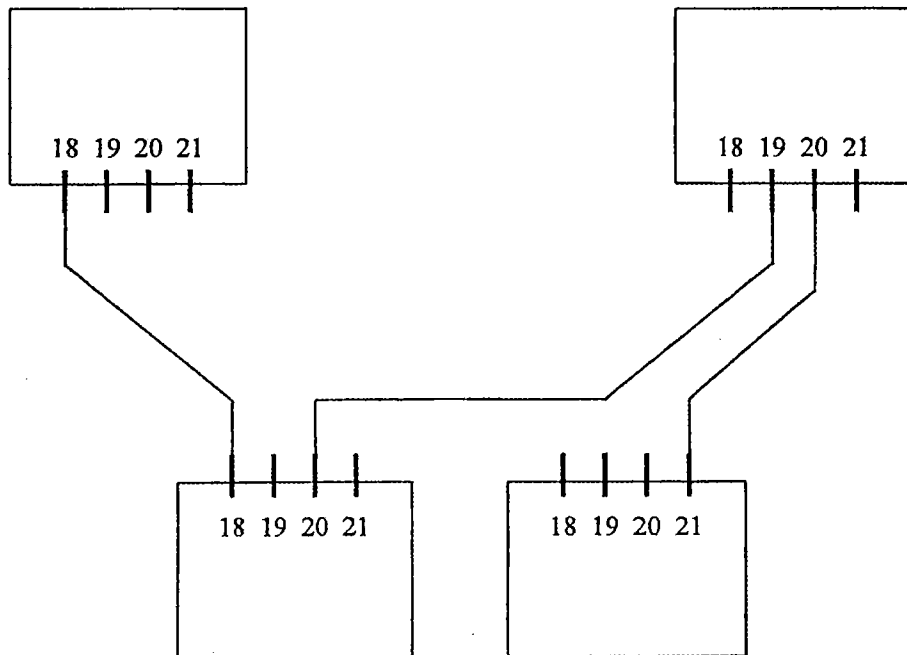


Fig. 2

3/8



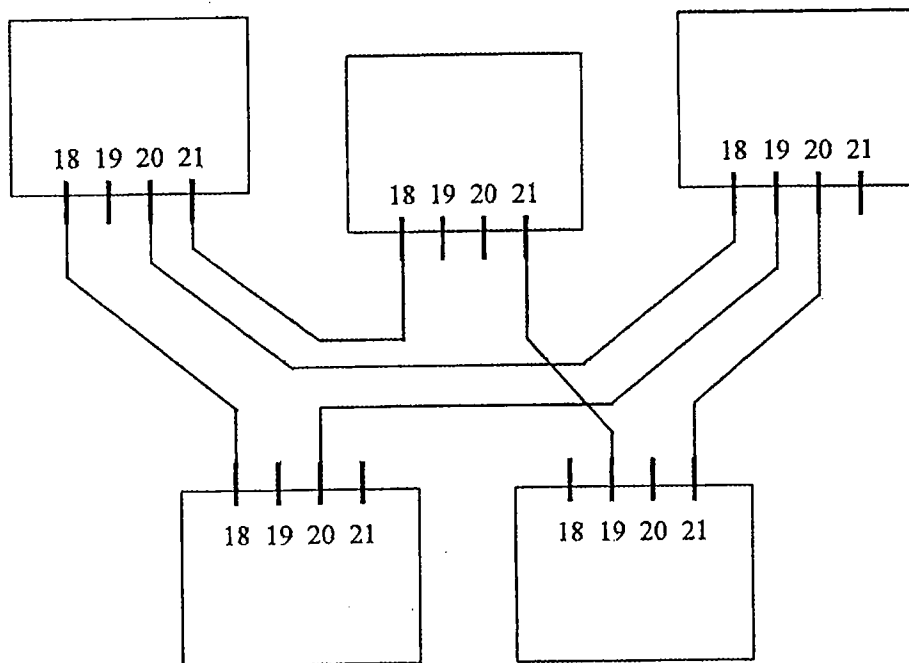


Fig. 3C

5/8

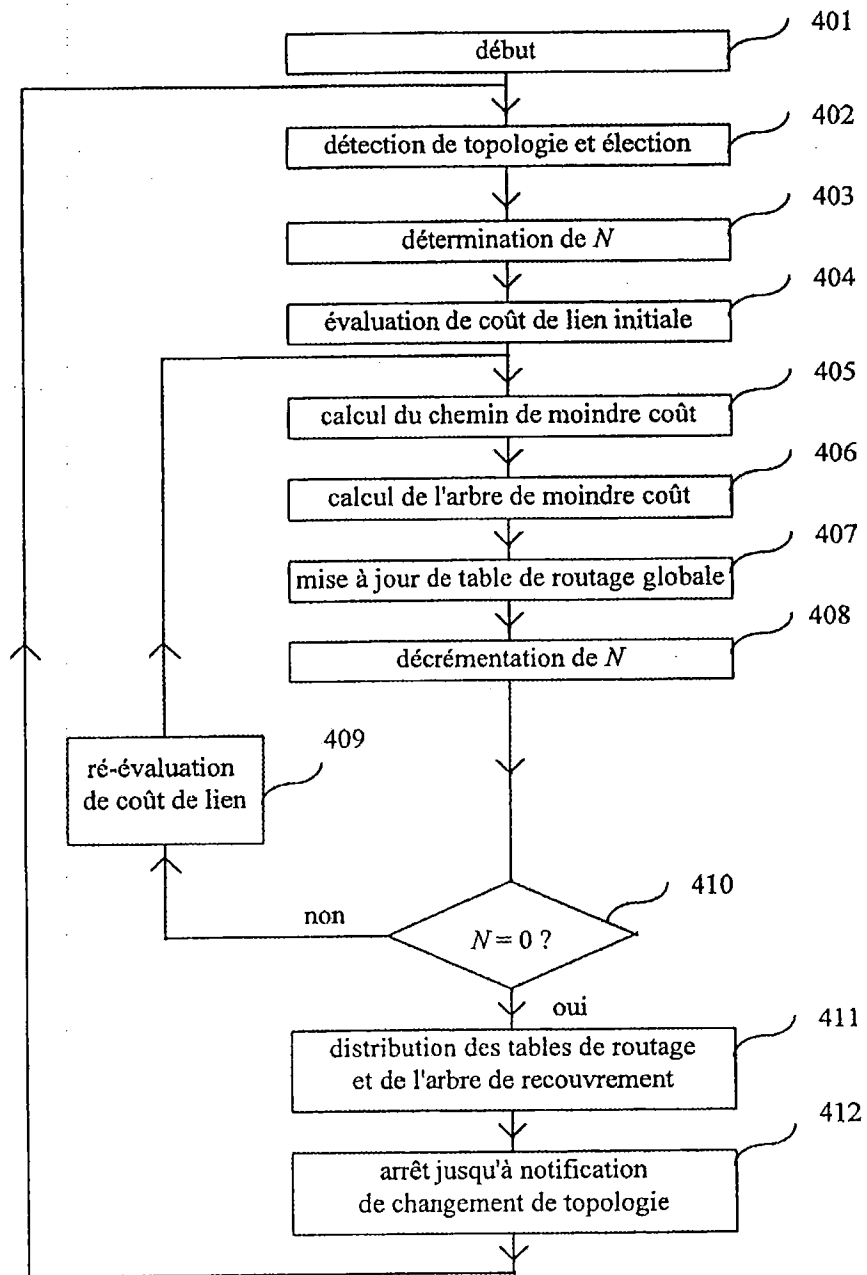


Fig. 4

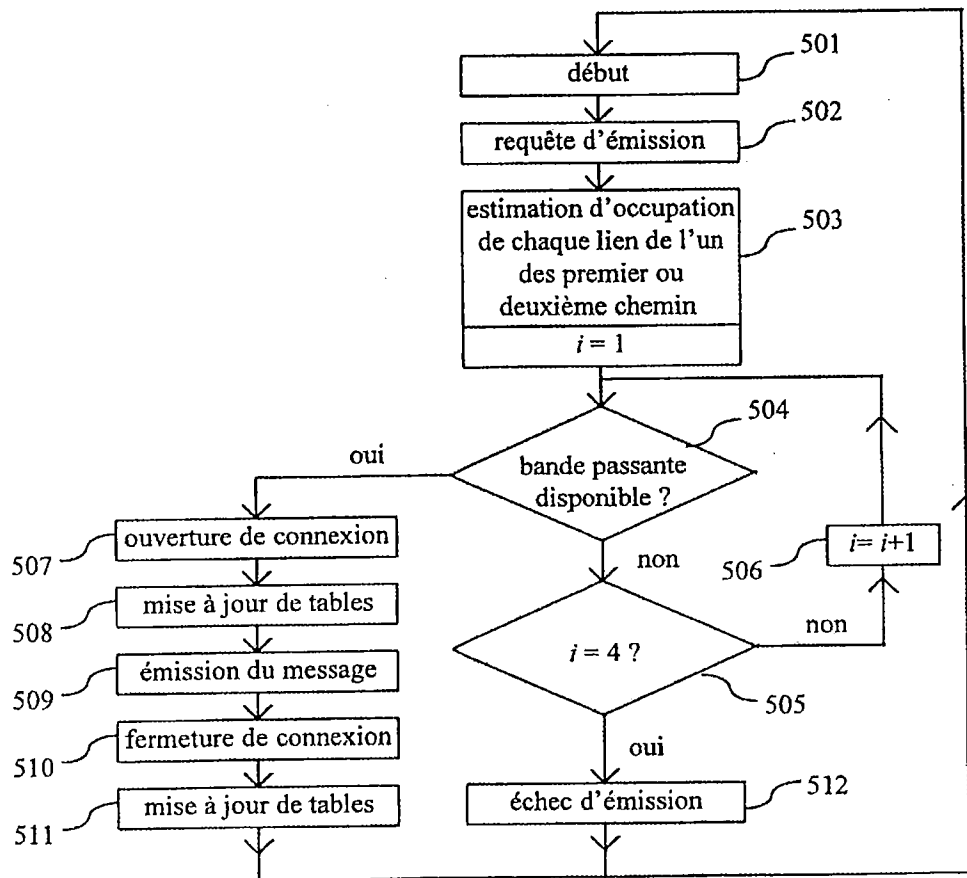


Fig. 5A

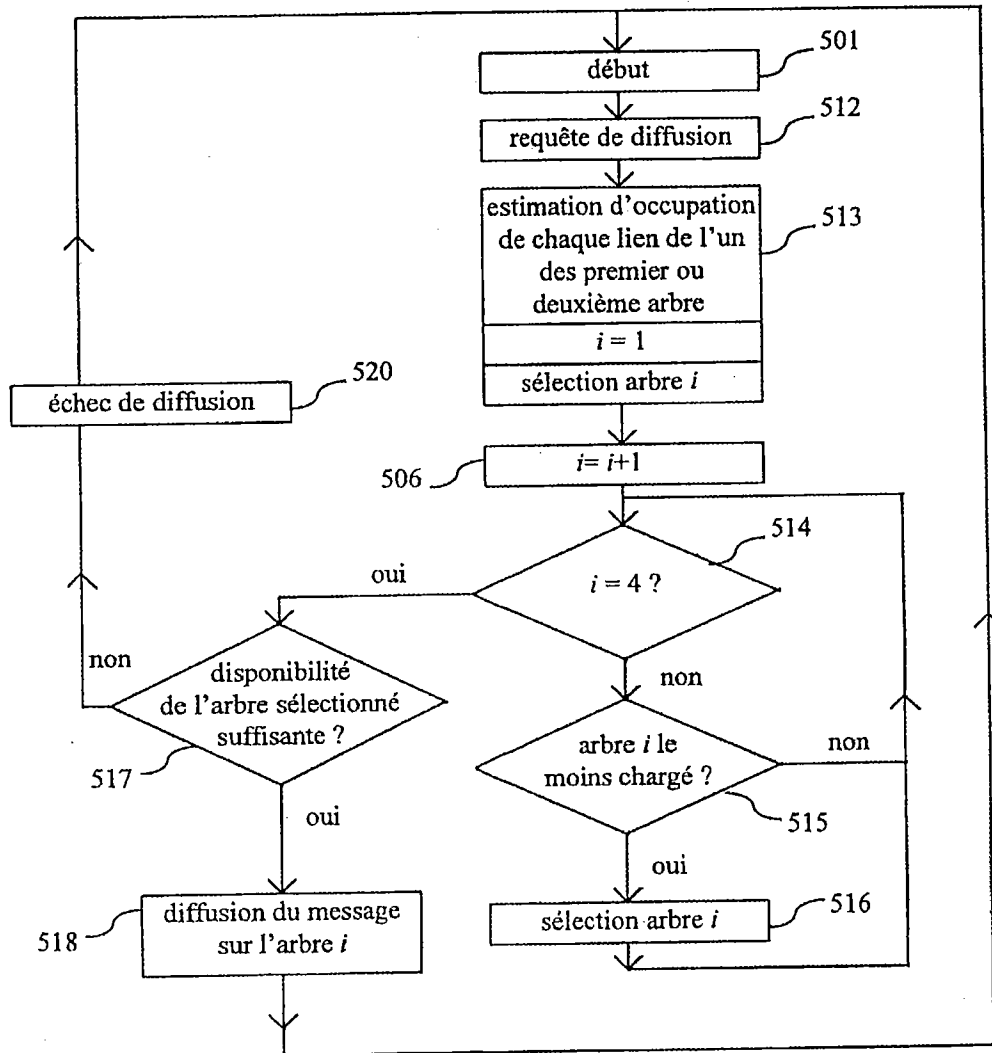


Fig. 5B

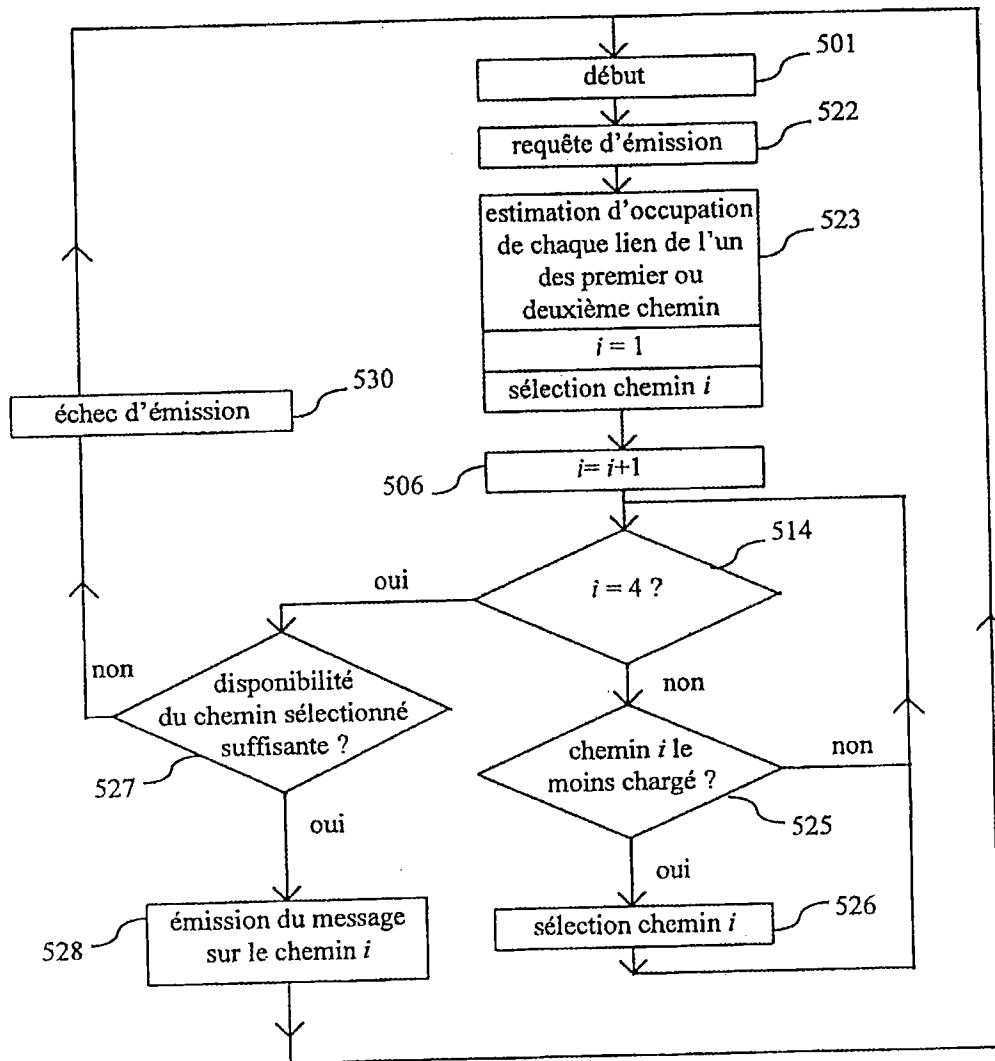


Fig. 5C

2778295

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 559871
FR 9805565

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP 0 465 090 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 8 janvier 1992	1, 19
Y	* abrégé * * revendication 1 *	2-5, 7-11, 20-23, 25-30
Y	A.S. TANENBAUM: "Computer Networks" 1988, PRENTICE-HALL INTERNATIONAL INC., USA XP002097964	2-5, 7-9, 20-23, 25-28
A	* paragraphe 5.2.1 * * paragraphe 5.2.2 *	6, 12-18, 31-38
Y	EP 0 324 277 A (VITALINK COMMUNICATIONS CORP) 19 juillet 1989	10, 11, 29, 30
	* page 1, ligne 35 - page 3, ligne 4 * * page 4, ligne 21 *	
A	TAKASHIMA I ET AL: "AN EXPANDED SPANNING-TREE PROTOCOL FOR HOME-ORIENTED NETWORK MANAGEMENT" IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS, vol. 37, no. 3, 1 août 1991, pages 379-387, XP000263211	10, 29
	* le document en entier *	
A	US 5 544 315 A (CYGNAPOWICZ LEONARD P ET AL) 6 août 1996	39-46
	* abrégé * * colonne 1, ligne 18 - colonne 2, ligne 49 * * colonne 8, ligne 66 - colonne 9, ligne 5 *	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
25 mars 1999		Perez Perez, J
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

2

EPO FORM 1503 03 02 (P04C13)